

周俊良, 谢国芳, 王晓芸, 张兴无. 火龙果果汁饮料复合稳定剂研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 268–270.

# 火龙果果汁饮料复合稳定剂研究

周俊良, 谢国芳, 王晓芸, 张兴无

(贵州省果树科学研究所, 贵州贵阳 550006)

**摘要:**为生产高质量的火龙果果汁饮料, 以火龙果果汁为原料, 在 4 种常用稳定剂的单因素试验的基础上进行二元复配试验, 再采用响应面设计方法进行复配稳定剂的配比优化。结果表明, 添加 0.05 g/L 黄原胶、0.01 g/L CMC-Na、0.04 g/L 魔芋胶和 0.04 g/L 果胶时, 火龙果果汁饮料的稳定性及口感最佳, 自然条件下存放 216 h 后仍无沉淀产生。

**关键词:**火龙果; 饮料; 复合稳定剂

**中图分类号:** TS275.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2014)07-0268-03

火龙果有很高的经济价值, 集水果、花卉、蔬菜、保健、医药为一体, 被誉为“果中之王”“仙人掌”“吉祥果”。火龙果营养丰富, 富含糖、有机酸、膳食纤维及多种矿物质营养元素, 特别是钾、钙、镁、磷含量丰富, 籽和果仁中含丰富的不饱和脂肪酸<sup>[1-3]</sup>。火龙果中植物性白蛋白具有解重金属中毒的功效, 对胃壁有保护作用; 花青素具有抗氧化、抗自由基、抗衰老作用, 还能提高对脑细胞变性的预防, 抑制痴呆症的发生<sup>[4]</sup>; 水溶性膳食纤维具有减肥、降低血糖、润肠、预防大肠癌、降低雌激素水平以及解毒作用等功效<sup>[5]</sup>; 总酚和维生素 C 含量高, 总酚和维生素 C 均形成其抗氧化特性<sup>[6]</sup>; 不饱和脂肪酸降低血胆固醇、三酰甘油和低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 的作用与多不饱和脂肪酸 (PUFA) 相近<sup>[7]</sup>, 对人体健康有良好的作用。

火龙果果汁饮料是经去皮的火龙果打浆而成的, 含有大量的果肉, 保留了果汁、果肉中的全部营养成分, 因而具有原果肉浓厚风味、原果色泽, 营养成分保留完整; 但常出现大量的果肉絮凝沉淀, 有口感黏稠、流动性差、香气淡或释放缓慢、果肉质不细腻爽滑等问题, 从而影响果汁饮料的质量。笔者所在课题组前期对火龙果饮料的稳定性作了初步探索, 本试验在课题组单一稳定剂研究的基础上, 主要对黄原胶、CMC-Na、魔芋胶、果胶的复配进行优化, 旨在得到能较好保持火龙果果汁饮料稳定性的复合稳定剂工艺配方, 为火龙果果汁饮料的加工提供理论依据和工艺参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

**1.1.1 材料与试剂** 火龙果由贵州省罗甸县果树研究所火龙果种植基地提供; 蔗糖、黄原胶、CMC-Na、魔芋胶和果胶等均为食品级。

**1.1.2 主要仪器设备** 数显恒温水浴锅 (上海梅香仪器有

限公司); GL-3250C 磁力搅拌器 (江苏省海门市其林贝尔仪器制造有限公司); BP401B 型榨汁机 (美的集团有限公司)。

### 1.2 方法

**1.2.1 工艺流程** 火龙果→原料挑选→冻藏→解冻→去皮→破碎榨汁→调整浓度→调配→均质→灌装→脱气→封口→灭菌→成品。

**1.2.2 操作要点** 火龙果原料的选择: 选择成熟度佳的火龙果, 介于采摘成熟度与质量成熟度之间, 要求采摘下来的火龙果具有该品种典型的色、香、味及营养成分特征。

原料预处理: 新鲜火龙果采收后及时挑选, 去除杂质、烂果、病虫害果, 进行冻藏处理, 需要用时取出解冻。

火龙果解冻: 将冻藏火龙果放入水中 (或常温下) 进行解冻, 以其完全解冻为宜。

榨汁: 将去皮火龙果肉切成小块后投入榨汁机中进行破碎榨汁, 榨汁机连续榨汁 3 min。

调整浓度: 果肉浓度为 15% (5% 红肉火龙果浆 + 10% 白肉火龙果浆)。

调配: 依照消费者的口味进行糖、酸含量的调配, 加入抗氧化剂、增稠剂、防腐剂等添加剂。

均质: 将调配好的饮料倒入榨汁机中连续打浆约 2 min, 至肉眼见无明显块状物即可, 将打好的饮料通过 200 目筛子过滤 (过滤过程中搅拌、研磨, 使大部分果肉通过筛子), 达到去籽、均质的目的。

脱气、灌装、灭菌: 均质好的饮料马上进行灌装, 将灌装好的饮料不加盖放入沸水中脱气, 进行脱气时水面要超过瓶体的 2/3, 待中心温度达到 70℃ 左右时完成脱气。脱气完成后取出马上加盖密封, 将饮料继续放入沸水中煮沸灭菌, 要求沸水淹没瓶体。灭完菌后取出饮料瓶, 饮料冷却后摇匀, 即可制得紫红色、果味较好、酸甜可口的火龙果果汁饮料。

**1.2.3 复配试验稳定剂添加量预试验** 选取黄原胶、CMC-Na、魔芋胶、果胶 4 种稳定剂进行单因素试验, 测定其沉降比。通过单因素试验结果对这 4 种稳定剂的添加量进行微调, 从而得到复配稳定剂中 4 种稳定剂的中心添加量 (单位为 g/L)。

**1.2.4 复合稳定剂稳定性评价方法** 将复配好的饮料放置在 4℃ 冰箱中冷藏, 测量其沉降比。

收稿日期: 2013-07-31

基金项目: 贵州省农业科技攻关项目 [编号: 黔科合 NY 字 (2009) 3047]。

作者简介: 周俊良 (1980—), 男, 浙江温州人, 硕士, 助理研究员, 主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail: 316179193@qq.com。

沉降比 =  $\frac{\text{总高度} - \text{沉淀高度}}{\text{总高度}}$ 。

沉降比为稳定剂好坏的判定标准,沉降比越是接近 1 或等于 1 时,表明稳定剂的稳定效果好。

1.2.5 火龙果饮料感官评定 从饮料的色泽、香气与滋味、组织状态 3 方面对试验结果进行评分,满分为 100 分。请有经验的教师和学生按照标准观察、品尝打分,评分标准按表 1 进行。

表 1 火龙果果汁饮料感官评分标准

项目	等级	得分 (分)
色泽(20 分)	紫红色,有光泽	15 ~ 20
	淡紫红色,无光泽	10 ~ 14
	颜色异常	0 ~ 9
香气与滋味 (50 分)	酸甜适中,有火龙果香味,入口清爽	35 ~ 50
	略偏酸或甜,火龙果味较淡	20 ~ 34
组织状态 (30 分)	酸甜比例差,火龙果味淡,有异味	0 ~ 19
	均匀半透明,无沉淀和絮状物	20 ~ 30
	浑浊不均匀,有少量沉淀或絮状物	10 ~ 19
	有大量沉淀产生或絮状物	0 ~ 9

2 结果与分析

2.1 稳定剂添加量复配预试验

组 1 试验结果表明稳定剂之间的协同作用存在,火龙果果汁饮料 2 d 后由于稳定剂添加量过大而呈果冻状;再对这几种稳定剂的添加量进行调整,选择较优方案进行复配试验,首先考虑 CMC - Na、魔芋胶、果胶中对流动性影响较大的魔芋胶,调整试验结果见表 2 中 2 ~ 4 组。魔芋胶添加量为 0.05 g/L,72 h 后仍成果冻状,影响果汁饮料的流动性,魔芋胶添加量过低则会很快分层。因此,需要继续考虑减少果胶添加量对果汁饮料流动性的影响。

表 2 复配稳定剂添加量的选择

组号	稳定剂添加量(g/L)				沉降比	感官评分 (分)
	黄原胶	魔芋胶	CMC - Na	果胶		
1	0.05	0.062 5	0.02	0.075	0.52	65
2	0.05	0.05	0.02	0.075	0.91	68
3	0.05	0.04	0.02	0.075	0.85	75
4	0.05	0.03	0.02	0.075	0.78	70
5	0.05	0.05	0.02	0.060	0.78	72
6	0.05	0.05	0.02	0.050	0.83	83
7	0.05	0.05	0.02	0.040	0.92	76

由表 2 可以看出,果胶的添加量过低时出现分层现象,过高则饮料流动性差,影响口感。因此,初步确定稳定剂的中心添加量为黄原胶 0.05 g/L、CMC - Na 0.02 g/L、魔芋胶 0.05 g/L、果胶 0.05 g/L。

2.2 响应面法设计及结果分析

2.2.1 复配稳定剂的配比优化 通过单因素试验结果进行复配稳定剂配比设计,其因素和水平见表 3。

2.2.2 稳定性试验回归方程的建立和方差分析 对试验结果进行回归分析,对火龙果饮料的稳定性有良好效果的 4 种稳定剂添加量与响应值(y)的关系如下:

$y = -3.49 + 179.46A + 0.086B - 9.12C - 13.42D + 575.00CD - 1939.10A^2 - 2.91 \times 10^{-3}B^2 - 147.27C^2$ 。

表 3 复合稳定剂配比试验的因素和水平

水平	A:黄原胶添 加量(g/L)	B:CMC - Na 添 加量(g/L)	C:魔芋胶添 加量(g/L)	D:果胶添加量 (g/L)
1	0.05	0.020	0.05	0.05
0	0.04	0.015	0.03	0.04
-1	0.03	0.010	0.01	0.03

由表 4、表 5 可知,模型的可信度大于 99.999%,极显著;变异系数为 7.61%,说明试验具有可靠性;模型的确定系数  $R^2$  为 0.925 3,表明该模型拟合度较好,试验误差小;模型的校正确定系数  $R^2_{Adj}$  为 0.898 2,说明该模型能解释 89.82% 响应值的变化,拟合度好;模型的预测确定系数  $R^2_{Pred}$  为 0.830 7,与校正确定系数相差不大,也表明该响应面方程不需要进一步优化。模型失拟项不显著(失拟项用来表示所用模型与试验拟合程度,即二者差异的程度), $P = 0.486 > 0.05$ ,说明在 0.05 水平上不显著,模型与试验值差异较小。信噪比(Adeq Precision)的值很高,为 18.151 > 4,说明模型建立回归方程能较好地解释响应结果并预测最佳添加量的选择,从而达到最佳稳定效果。

表 4 Box - Behnken 试验设计结果

组号	A:黄原胶 添加量	B:CMC - Na 添加量	C:魔芋胶 添加量	D:果胶 添加量	沉降比
1	-1	-1	0	0	0.45
2	1	-1	0	0	0.87
3	-1	1	0	0	0.35
4	1	1	0	0	0.95
5	0	0	-1	-1	0.86
6	0	0	1	-1	0.82
7	0	0	-1	1	0.73
8	0	0	1	1	0.92
9	-1	0	0	-1	0.47
10	1	0	0	-1	1.00
11	-1	0	0	1	0.50
12	1	0	0	1	1.00
13	0	-1	-1	0	0.85
14	0	1	-1	0	0.80
15	0	-1	1	0	0.90
16	0	1	1	0	0.79
17	-1	0	-1	0	0.40
18	1	0	-1	0	0.87
19	-1	0	1	0	0.60
20	1	0	1	0	1.00
21	0	-1	0	-1	0.77
22	0	1	0	-1	0.85
23	0	-1	0	1	0.92
24	0	1	0	1	0.93
25	0	0	0	0	0.98
26	0	0	0	0	1.00
27	0	0	0	0	0.95
28	0	0	0	0	0.97
29	0	0	0	0	0.83
30	0	0	0	0	0.99
31	0	0	0	0	1.00

由表 5 中回归系数显著性检验可知,一次项 A、二次项  $A^2$  极显著,说明 A 对稳定性影响极显著,对曲面影响极显著。影响火龙果饮料稳定性的稳定剂效果大小依次为黄原胶 > 魔芋胶 > 果胶 > CMC - Na。

优化得到黄原胶添加量为 0.05 g/L,CMC - Na 添加量为

0.011 4 g/L,魔芋胶添加量为 0.04 g/L,果胶添加量为 0.04 g/L,考虑到试验操作的便利性,将稳定剂的添加量修正为黄原胶添加量 0.05 g/L、CMC - Na 添加量 0.01 g/L、魔芋胶添加量 0.04 g/L、果胶添加量 0.04 g/L,在该添加量下得到理论的沉降比为 1.00。

表 5 响应面结果方差分析

方差来源	平均和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	1.05	8	0.13	34.08	<0.000 1	显著
A	0.71	1	0.71	183.81	<0.000 1	
B	$6.750 \times 10^{-4}$	1	$6.750 \times 10^{-4}$	0.17	0.680	
C	0.023	1	0.023	5.83	0.024	
D	$4.408 \times 10^{-3}$	1	$4.408 \times 10^{-3}$	1.14	0.297	
CD	0.013	1	0.0132 25	3.42	0.077	
A <sup>2</sup>	0.27	1	0.27	70.33	<0.0001	
B <sup>2</sup>	0.038	1	0.038	9.88	0.004	
C <sup>2</sup>	0.025	1	0.025	6.49	0.018	
残差	0.085	22	$3.866 \times 10^{-3}$	1.10	0.486	不显著
失拟项	0.063	16	$3.965 \times 10^{-3}$			
纯误差	0.022	6	$3.600 \times 10^{-3}$			
总和	1.14	30				
变异系数	7.61					
R <sup>2</sup>	0.925 3					
R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	0.898 2					
R <sup>2</sup> <sub>Pred</sub>	0.830 7					

2.2.2 响应面和等高线分析

因素水平的优化过程就是通过响应面图(3D 图)和对应的等高线图进一步将自变量对响应值的影响效应进行分析与评价。3D 图将任意 2 个自变量对响应值的影响直观地反映在球面上,响应值的最大值位于球面的最高点,与 3D 图对应的为等高线图。等高线形状呈圆形,表明 2 个自变量间的交互效应较弱;等高线的形状呈椭圆形,表明 2 个自变量间有显著的交互作用。固定 2 个因素水平,考察其余 2 个因素对稳定性效果的影响,只有魔芋胶与果胶有明显的交互作用。

由图 1 中 3D 图可以看出,随着魔芋胶浓度和果胶浓度升高,火龙果饮料的稳定性效果越来越好,魔芋胶和果胶的等高线呈椭圆形,说明魔芋胶和果胶之间存在明显的交互作用。而函数中果胶和魔芋胶的回归系数结果表明魔芋胶对火龙果饮料稳定性的影响大于果胶,果胶和魔芋胶的交互项的回归系数很大,说明果胶和魔芋胶之间交互作用明显。

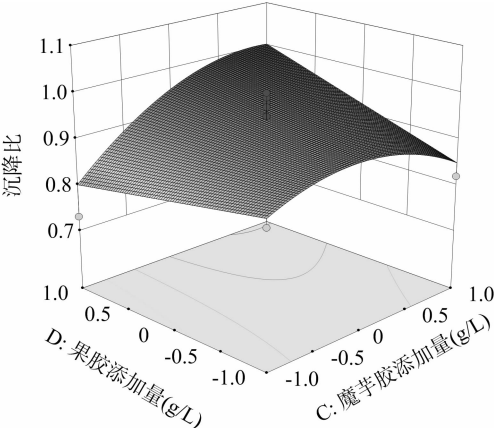


图1 魔芋胶添加量和果胶添加量对稳定性的影响

2.3 验证试验

为检验响应曲面法所得到的结果的可靠性,采用上述的优化条件进行稳定性沉降比的试验。平均测定 3 次,沉降比

均值为 0.996,与预测值相差 0.004%,试验结果表明,试验值与理论值相差较小,饮料稳定性较好。因此,基于响应面曲面法所得的优化稳定剂添加量参数配比比较可靠。

3 结论

根据预试验的结果,确定各种稳定剂的使用范围,再用 Box - Behnken 响应面试验方法对火龙果饮料稳定剂的配比进行优化,确定复合稳定剂的最佳配比。结果表明,各稳定剂与沉降比之间建立的数学模型拟合度高,试验误差小,复合稳定剂的最佳配比是黄原胶添加量 0.05 g/L、CMC - Na 添加量 0.01 g/L、魔芋胶添加量 0.04 g/L 和果胶添加量 0.04 g/L,沉降比预测值是 1.00,3 次重复验证试验测量均值为 0.996,与预测值相差 0.004,说明该试验方法可靠,结果可信。

参考文献:

[1]蔡永强,向青云,陈家龙,等. 火龙果的营养成分分析[J]. 经济林研究,2008,26(4):53 - 56.  
[2]王秋玲,莫建光,谢一兴. 响应面法优化超临界 CO<sub>2</sub> 萃取火龙果籽油工艺[J]. 食品科学,2012,33(10):92 - 97.  
[3]Rui H M, Zhang L Y, Li Z W, et al. Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya[J]. Journal of Food Engineering, 2009,93(4):482 - 486.  
[4]王晓波,钟婵君,刘冬英,等. 火龙果皮总黄酮对油脂抗氧化作用的研究[J]. 食品研究与开发,2012,33(3):19 - 23.  
[5]余慧琳,王爱武. 火龙果保健价值及离体快繁关键技术[J]. 广东农业科学,2009(8):102 - 104.  
[6]Beltrán - Orozco M C, Oliva - Coba T G, Gallardo - Velázquez T, et al. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit[J]. Agrociencia, 2009,43(2):153 - 162.  
[7]徐 慧,王秋玲,韦 刚,等. 火龙果的保健功效及其研究进展[J]. 广西科学院学报,2010,26(3):383 - 385.